

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-122798

(43)Date of publication of application : 26.04.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

G02B 6/12

H02K 33/12

(21)Application number : 2000-313740

(71)Applicant : YAMAHA CORP

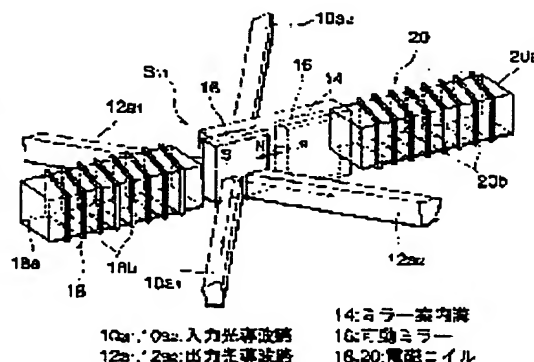
(22)Date of filing : 13.10.2000

(72)Inventor : NAKAJIMA TOSHIHIRO

**(54) MOVING ELEMENT POSITION CHANGEOVER DEVICE, OPTICAL SWITCH AND METHOD OF MANUFACTURING MOVING ELEMENT HOUSING STRUCTURE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a moving element position changeover device, which is small in size and may be easily manufactured, an optical switch, and to provide a method of manufacturing a moving element housing structure.

**SOLUTION:** A moving mirror 16 consisting of a permanent magnet, such as a Co-Ni alloy, is arranged in a guide groove 14 disposed at a clad layer on a substrate. Electromagnetic coils 18 and 20 are arranged along the longitudinal direction of the groove 14, so as to face each other across the groove 14. In the coils 18 and 20, 18a and 20a are magnetic cores consisting of a Ni-Fe alloy, etc., and 18b and 20b are conductive layers consisting of Cu, etc. The conductive layers may be wound in multiple plies. A refractive index matching oil is loaded into the groove 14. When the mirror 16 is moved by the repulsion of the coil 18 to a position shown by a broken line, the input light from an optical waveguide 10a1 advances rectilinearly toward an optical waveguide 10a2. When the mirror 16 is moved by the repulsion of the coil 20 from the position, shown by the broken line to a position shown by a solid line, the input light from the optical waveguide 10a1 is reflected by the mirror 16 and advances toward an optical waveguide 12a2.



10a1, 10a2: 入力光導波路  
12a1, 12a2: 出力光導波路  
14: ミラー案内溝  
16: 移動ミラー  
18, 20: 電磁コイル

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-122798

(P2002-122798A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テームコード\*(参考)

G 0 2 B 26/08

G 0 2 B 26/08

E 2 H 0 4 1

6/12

H 0 2 K 33/12

2 H 0 4 7

H 0 2 K 33/12

G 0 2 B 6/12

H 5 H 6 3 3

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2000-313740(P2000-313740)

(71)出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(22)出願日 平成12年10月13日(2000.10.13)

(72)発明者 中嶋 敏博

静岡県浜松市中沢町10番1号ヤマハ株式会社内

(74)代理人 100075074

弁理士 伊沢 敏昭

Fターム(参考) 2H041 AA14 AB13 AC05 AZ01

2H047 KA03 KB01 NA10 PA05 QA02

RA08

5H633 BB08 GG02 GG09 GG13 HH03

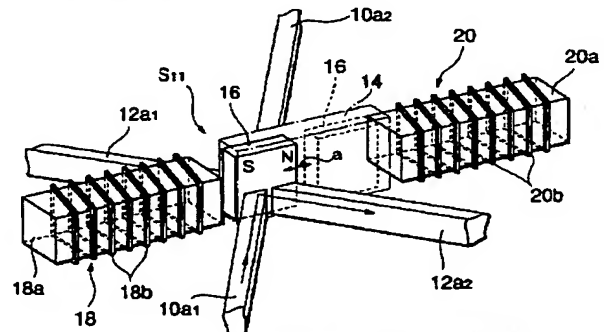
HH05 HH08 JA10 JB04

(54)【発明の名称】 可動子位置切換装置、光スイッチ及び可動子収容構造の製法

(57)【要約】

【課題】 小型で製造容易な可動子位置切換装置と光スイッチ及び可動子収容構造の製法を提供する。

【解決手段】 基板上のクラッド層に設けた案内溝14内にCo-Ni合金等の永久磁石片からなる可動ミラー16を配置する。溝14の長手方向に沿って溝14を挟んで対向するように電磁コイル18, 20を配置する。コイル18, 20において、18a, 20aはNi-Fe合金等からなる磁心、18b, 20bはCu等からなる導電層である。導電層は、多重に巻回してもよい。溝14には、屈折率整合オイルを装填する。コイル18の反発力でミラー16を破線で示す位置に移動させると、光導波路10a<sub>1</sub>からの入力光は、光導波路10a<sub>2</sub>へ直進する。コイル20の反発力でミラー16を破線で示す位置から実線で示す位置に移動させると、光導波路10a<sub>1</sub>から入力光は、ミラー16で反射されて光導波路12a<sub>2</sub>へ進む。



10a1,10a2:入力光導波路  
12a1,12a2:出力光導波路

14:ミラー案内溝  
16:可動ミラー  
18,20:電磁コイル

【特許請求の範囲】

【請求項1】一主表面を有する基板と、永久磁石片からなる可動子と、前記基板の一主表面に形成された案内溝材であって、前記可動子を収容した状態で前記可動子の移動を所定方向に案内する案内溝が形成されたものと、前記所定方向に沿って前記案内溝を挟んで対向するように前記基板の一主表面に形成された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有し、少なくとも第1の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動子の第1の位置から第2の位置への移動を制御し、少なくとも第2の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動子の第2の位置から第1の位置への移動を制御するものとを備えた可動子位置切換装置。

【請求項2】前記可動子が前記案内溝から離脱しないように前記案内溝の開口部を覆う蓋部材を前記案内溝材に装着した請求項1記載の可動子位置切換装置。

【請求項3】前記各電磁コイルが前記導電層を前記磁心に多重に巻回した構成を有する請求項1又は2記載の可動子位置切換装置。

【請求項4】一主表面を有する基板と、永久磁石片からなる可動ミラーと、前記基板の一主表面に形成されたクラッド層であって、前記可動ミラーを収容した状態で前記可動ミラーの移動を所定方向に案内する案内溝が形成されたものと、前記可動ミラーが前記案内溝内で第1の位置にあるときに前記可動ミラーに光を入射するように前記クラッド層中に形成された第1のコア層からなる第1の光導波路と、前記可動ミラーが前記案内溝内で第1の位置にあるときに前記可動ミラーから反射光を受取るように前記クラッド層中に形成された第2のコア層からなる第2の光導波路と、前記可動ミラーが前記案内溝内で第2の位置にあるときに前記第1の光導波路から入射光を受け取るように前記クラッド層中に形成された第3のコア層からなる第3の光導波路と、前記所定方向に沿って前記案内溝を挟んで対向するように前記基板の一主表面に形成された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有し、少なくとも第1の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動ミラーの第1の位置から第2の位置への移動を制御し、少なくとも第2の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動ミラーの第2の位置から第1の位置への移動を制御するものとを備えた光スイッチ。

【請求項5】前記案内溝の内部と前記第1～第3のコア層とで屈折率を整合させるための屈折率整合オイルを前記案内溝に装填した請求項4記載の光スイッチ。

【請求項6】前記可動ミラーが前記案内溝から離脱しないように前記案内溝の開口部を覆う蓋部材を前記クラッド層に装着した請求項4又は5記載の光スイッチ。

【請求項7】前記各電磁コイルが前記導電層を前記磁心に多重に巻回した構成を有する請求項4～6のいずれかに記載の光スイッチ。

【請求項8】一主表面を有する基板と、前記基板の一主表面に所定距離だけ離間して対向するように配置された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有するものと、

前記基板の一主表面において前記第1及び第2の電磁コイルの間に平面的に移動自在に配置された永久磁石片からなる可動ミラーと、

この可動ミラーを支持する支持アームと、前記基板の一主表面に配置され、前記支持アームを前記第1及び第2の電磁コイルの間で回動自在に保持する保持具と、

前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第1の位置にあるときに前記可動ミラーに光を入射する光入射手段と、

前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第1の位置にあるときに前記可動ミラーから反射光を受取る第1の光導出手段と、

前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第2の位置にあるときに前記光入射手段から入射光を受取る第2の光導出手段とを備え、

少なくとも前記第1の電磁コイルが前記可動ミラーの第1の位置から第2の位置への移動を制御すると共に、少なくとも前記第2の電磁コイルが前記可動ミラーの第2の位置から第1の位置への移動を制御する構成になっている光スイッチ。

【請求項9】前記各電磁コイルが前記導電層を前記磁心に多重に巻回した構成を有する請求項8記載の光スイッチ。

【請求項10】一主表面を有する基板と、前記基板の一主表面に所定距離だけ離間して対向するように配置された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有するものと、

前記基板の一主表面において前記第1及び第2の電磁コイルの間に平面的に移動自在に配置された永久磁石片からなる可動ミラーと、

この可動ミラーを支持する可撓性の支持アームと、前記基板の一主表面に配置され、前記支持アームを前記第1及び第2の電磁コイルの間で撓み可能に固定する固定具と、

前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第1の位置にあるときに前記可動ミラーに光を入射する光入射手段と、

前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第1の位置にあるときに前記可動ミラーから反射光を受取る第1の光導出手段と、

前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第2の位置にあるときに前記光入射手段から入射光を受取る第2の光導出手段とを備え、

少なくとも前記第1の電磁コイルが前記可動ミラーの第1の位置から第2の位置への移動を制御すると共に、少なくとも前記第2の電磁コイルが前記可動ミラーの第2の位置から第1の位置への移動を制御する構成になっている光スイッチ。

【請求項11】 前記各電磁コイルが前記導電層を前記磁心に多重に巻回した構成を有する請求項10記載の光スイッチ。

【請求項12】 案内部材の一主表面に可動子の移動を案内する案内溝を形成する工程と、

前記案内溝の底面及び内壁面を覆って第1の犠牲層を形成する工程と、

前記案内溝の一端から他端に向けて前記可動子の長さに相当する所定区間を埋めずに該所定区間と前記案内溝の他端との間を埋めるように第2の犠牲層を形成する工程と、

前記案内溝内に前記所定区間を埋めるように永久磁石用磁性材からなる磁性材層を形成する工程と、

エッチング処理により前記第1及び第2の犠牲層を除去して前記磁性材層を前記案内溝内に前記可動子として残存させる工程とを含む可動子收容構造の製法。

【請求項13】 前記磁性材層の形成後、前記磁性材層及び前記案内溝を覆って第3の犠牲層を形成する工程と、前記第3の犠牲層を介して前記案内溝の大部分を覆い且つ前記案内溝の小部分に対応して前記第3の犠牲層の一部を露呈させるように前記案内部材の上に蓋部材を形成する工程とを更に含み、前記エッチング処理では前記第1及び第2の犠牲層と共に前記第3の犠牲層を除去して前記蓋部材を残存させる請求項12記載の可動子收容構造の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光路切換え等に用いるに好適な可動子位置切換装置及び光スイッチと、これらの装置の製造に用いるに好適な可動子收容構造の製法とに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信等に用いられる光路切換装置としては、図51、52に示すものが知られている（例えば、特開2000-98270号公報参照）。

【0003】図51に示す光切換装置は、光スイッチ1Sを設けた基板1の上に光路基板2を配置した構成になっている。光スイッチ1Sは、図51のX-X'線に沿う断面を図52に示すように電磁石8aのヨーク9aと

電磁石8cのヨーク9cとの間に可動反射板6b付きの永久磁石Bを配置すると共に、永久磁石6Bの移動路の下に電磁式リニアアクチュエータ7aを配置して一方の半分が構成されており、他方の半分も電磁石8bのヨーク9bと電磁石8cのヨーク9cとの間に可動反射板6c付きの永久磁石及び電磁式リニアアクチュエータ7bを一方の半分と同様に配置して構成されている。

【0004】光路基板2においては、光ファイバ3a～3dが並列的に設けられると共にレンズ4a～4cが光ファイバ3a～3dにそれぞれ対応して設けられている。基板1には、レンズ4a～4dにそれぞれ対応して固定反射板5a～5dが配置されている。

【0005】電磁式リニアアクチュエータ7a、7bの浮力と電磁石8cの反発力とにより可動反射板6b、6cを実線で示す位置から破線で示す位置に移動させた状態では、光ファイバ3aから入射した光は、固定反射板5a、5dで反射されて光ファイバ3dから導出され、光ファイバ3cから入射した光は、固定反射板5c、5bで反射されて光ファイバ3bから導出される。

【0006】また、電磁式リニアアクチュエータ7a、7bの浮力と電磁石8a、8bの反発力とにより可動反射板6b、6cを破線で示す位置から実線で示す位置に移動させた状態では、光ファイバ3aから入射した光は、固定反射板5a及び可動反射板6bで反射されて光ファイバ3bから導出され、光ファイバ3cから入射した光は、可動反射板6c及び固定反射板5dで反射されて光ファイバ3dから導出される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術によると、可動反射板付きの永久磁石を電磁式リニアアクチュエータで誘導する構成であるため、構成が複雑であり、光回路や光集積回路の形態で小型化するのが容易でないという問題点がある。

【0008】この発明の目的は、小型で製造容易な可動子位置切換装置及び光スイッチと、これらの装置の製造に用いられる可動子收容構造の製法とを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係る可動子位置切換装置は、一主表面を有する基板と、永久磁石片からなる可動子と、前記基板の一主表面に形成された案内部材であって、前記可動子を收容した状態で前記可動子の移動を所定方向に案内する案内溝が形成されたものと、前記所定方向に沿って前記案内溝を挟んで対向するように前記基板の一主表面に形成された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有し、少なくとも第1の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動子の第1の位置から第2の位置への移動を制御し、少なくとも第2の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動子の

第2の位置から第1の位置への移動を制御するものとを備えたものである。

【0010】この発明の可動子位置切換装置によれば、少なくとも第1の電磁コイルにより可動子を案内溝内において第1の位置から第2の位置へ移動させることができ、少なくとも第2の電磁コイルにより可動子を案内溝内において第2の位置から第1の位置へ移動させることができる。可動子を移動させる際には、第1及び第2の電磁コイルを併用してもよい。永久磁石片からなる可動子は、第1又は第2のいずれの位置でも近くの電磁コイルの磁心を吸引するので、電磁コイルの電流を切っても移動せず、自己保持状態となる。従って、消費電力の低減が可能である。可動子を案内溝で案内する構成であるため、構成が簡単であって、小型化が容易であり、薄膜プロセス等を用いて容易に製造可能である。

【0011】この発明の可動子位置切換装置においては、各電磁コイルとして、導電層を磁心に多重に巻回したものをを用いることができる。このようにすると、電磁コイルの長さを短縮できるので、一層の小型化が可能になる。また、案内部材には、可動子が案内溝から離脱しないように案内溝を覆う蓋部材を装着するのが望ましい。このようにすると、動作の安定性を確保することができる。

【0012】この発明に係る第1の光スイッチは、一主表面を有する基板と、永久磁石片からなる可動ミラーと、前記基板の一主表面に形成されたクラッド層であって、前記可動ミラーを収容した状態で前記可動ミラーの移動を所定方向に案内する案内溝が形成されたものと、前記可動ミラーが前記案内溝内で第1の位置にあるときに前記可動ミラーに光を入射するように前記クラッド層中に形成された第1のコア層からなる第1の光導波路と、前記可動ミラーが前記案内溝内で第1の位置にあるときに前記可動ミラーから反射光を受取るように前記クラッド層中に形成された第2のコア層からなる第2の光導波路と、前記可動ミラーが前記案内溝内で第2の位置にあるときに前記第1の光導波路から入射光を受け取るように前記クラッド層中に形成された第3のコア層からなる第3の光導波路と、前記所定方向に沿って前記案内溝を挟んで対向するように前記基板の一主表面に形成された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有し、少なくとも第1の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動ミラーの第1の位置から第2の位置への移動を制御し、少なくとも第2の電磁コイルが前記案内溝内における前記可動ミラーの第2の位置から第1の位置への移動を制御するものとを備えたものである。

【0013】第1の光スイッチによれば、第2の電磁コイルにより可動ミラーを第1の位置に移動させた状態では、第1の光導波路から入射した光が可動ミラーで反射され、その反射光が第2の光導波路から導出される。ま

た、第1の電磁コイルにより可動ミラーを第2の位置に移動させた状態では、第1の光導波路から入射した光が第3の光導波路から導出される。

【0014】第1の光スイッチは、前述した可動子位置切換装置を光切換えに応用したものであり、可動子位置切換装置について前述したと同様の作用効果が得られる。その上、第1～第3の光導波路を案内溝に直結する構成としたので、超小型の光スイッチを実現可能である。

【0015】第1の光スイッチにおいては、案内溝の内部と第1～第3の光導波路とで屈折率を整合するための屈折率整合オイルを案内溝に装填するのが望ましい。このようにすると、光損失を低減することができる。また、可動子位置切換装置について前述したと同様に各電磁コイルとして多重巻きのものを用いたり、案内溝を覆う蓋部材を設けたりしてもよい。

【0016】この発明に係る第2の光スイッチは、一主表面を有する基板と、前記基板の一主表面に所定距離だけ離間して対向するように配置された第1及び第2の電磁コイルであって、各電磁コイルが磁心にその長手方向に沿って導電層を巻回した構成を有するものと、前記基板の一主表面において前記第1及び第2の電磁コイルの間に平面的に移動自在に配置された永久磁石片からなる可動ミラーと、この可動ミラーを支持する支持アームと、前記基板の一主表面に配置され、前記支持アームを前記第1及び第2の電磁コイルの間で回動自在に保持する保持具と、前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第1の位置にあるときに前記可動ミラーに光を入射する光入射手段と、前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第1の位置にあるときに前記可動ミラーから反射光を受取る第1の光導出手段と、前記可動ミラーが前記第1及び第2の電磁コイルの間で第2の位置にあるときに前記光入射手段から入射光を受取る第2の光導出手段とを備え、少なくとも前記第1の電磁コイルが前記可動ミラーの第1の位置から第2の位置への移動を制御すると共に、少なくとも前記第2の電磁コイルが前記可動ミラーの第2の位置から第1の位置への移動を制御する構成になっている第2の光スイッチによれば、第2の電磁コイルにより可動ミラーを第1の位置に移動させた状態では、光入射手段から入射した光が可動ミラーで反射され、その反射光が第1の光導出手段により導出される。また、第1の電磁コイルにより可動ミラーを第2の位置に移動させた状態では、光入射手段から入射した光が第2の光導出手段により導出される。可動ミラーを移動させる際には、第1及び第2の電磁コイルを併用してもよい。永久磁石片からなる可動ミラーは、第1又は第2のいずれの位置でも自己保持状態となるから、消費電力の低減が可能である。可動ミラーを回動可能な支持アームで案内する構成であるため、構成が簡単であって、小型化が容易であり、薄膜プロセス

等を用いて容易に製造可能である。各電磁コイルとして多重巻きのものを用いると、一層の小型化が可能である。

【0017】この発明に係る第3の光スイッチは、第2の光スイッチにおいて、回動可能な支持アームの代りに摺り可能な支持アームを設けて可動ミラーを案内する構成としたもので、第2のスイッチと同様の作用効果が得られる。

【0018】この発明に係る可動子收容構造の製法は、案内部材の一主表面に可動子の移動を案内する案内溝を形成する工程と、前記案内溝の底面及び内壁面を覆って第1の犠牲層を形成する工程と、前記案内溝の一端から他端に向けて前記可動子の長さに相当する所定区間を埋めずに該所定区間と前記案内溝の他端との間を埋めるように第2の犠牲層を形成する工程と、前記案内溝内に前記所定区間を埋めるように永久磁石用磁性材からなる磁性材層を形成する工程と、エッチング処理により前記第1及び第2の犠牲層を除去して前記磁性材層を前記案内溝内に前記可動子として残存させる工程とを含むものである。

【0019】この発明の可動子收容構造の製法によれば、薄膜プロセスを用いて微小な可動子收容構造を製造可能であるから、前述した可動子位置切換装置や第1の光スイッチを量産するのに好都合である。

【0020】この発明の可動子收容構造の製法においては、前記磁性材層の形成後、前記磁性材層及び前記案内溝を覆って第3の犠牲層を形成する工程と、前記第3の犠牲層を介して前記案内溝の大部分を覆い且つ前記案内溝の小部分に対応して前記第3の犠牲層の一部を露呈させるように前記案内部材の上に蓋部材を形成する工程とを更に実行し、前記エッチング処理では前記第1及び第2の犠牲層と共に前記第3の犠牲層を除去して前記蓋部材を残存させるようにしてもよい。このようにすると、蓋部材により可動子の脱落を防止することができ、脱落防止用具を使用しなくてよい。

【0021】

【発明の実施の形態】図1、2は、この発明の一実施形態に係る光スイッチ $S_{11}$ を示すもので、図1が斜視図、図2が上面図である。

【0022】光スイッチ基板の一主表面には、案内部材としてクラッド層が形成され、このクラッド層には、可動子としての可動ミラー16の移動を案内するミラー案内溝14が形成されている。可動ミラー16は、 $\text{Co-Ni}$ 合金等の永久磁石用磁性材からなる長方形状のもので、金属光沢による光反射性を有する。可動ミラー16のサイズは、一例として矢印aで示すミラー移動方向に沿う長さが30 [ $\mu\text{m}$ ]、該移動方向に直交する上下方向に沿う長さが10 [ $\mu\text{m}$ ]、厚さが4 [ $\mu\text{m}$ ]とすることができる。案内溝14のサイズは、一例として矢印a方向に沿う長さが60 [ $\mu\text{m}$ ]、矢印a方向に直交す

る上下方向に沿う長さが12 [ $\mu\text{m}$ ]、可動ミラー16の厚さに対応する幅が5 [ $\mu\text{m}$ ]とすることができる。

【0023】光スイッチ基板の一主表面には、矢印aで示すミラー移動方向に沿って案内溝14を挟んで対向するように2つの電磁コイル18、20が形成されている。電磁コイル18は、例えば $\text{Ni-Fe}$ 合金等の磁性材からなる細長い磁心18aにその長手方向に沿って導電層18bを巻回した構成(トロイダルコイル構成)を有し、電磁コイル20も同様にして磁心20aに導電層20bを巻回した構成を有する。電磁コイル18、20は、いずれも一例として長さ50 [ $\mu\text{m}$ ]、巻回数50とすることができる。

【0024】電磁コイル18に通電して可動ミラー16に反発力を作用させると、可動ミラー16は、実線で示す位置(第1の位置)から破線で示す位置(第2の位置)に移動する。このとき、可動ミラー16は、電磁コイル20の磁心20bを吸引するので、電磁コイル18の通電を停止しても移動せず、自己保持状態となる。

【0025】なお、可動ミラー16を第2の位置へ移動させる際には、電磁コイル20に通電して可動ミラー16に吸引力を作用させてもよい。このようにした場合にも、第2の位置で電磁コイル20への通電を停止して可動ミラー16を自己保持状態とすることができる。

【0026】一方、電磁コイル20に通電して可動ミラー16に反発力を作用させると、可動ミラー16は、第2の位置から第1の位置に移動する。このとき、可動ミラー16は、電磁コイル18の磁心18aを吸引するので、電磁コイル20の通電を停止しても移動せず、自己保持状態となる。

【0027】なお、可動ミラー16を第1の位置へ移動させる際には、電磁コイル18に通電して可動ミラー16に吸引力を作用させてもよい。このようにした場合にも、第1の位置で電磁コイル18への通電を停止して可動ミラー16を自己保持状態とすることができる。

【0028】クラッド層中には、いずれもコア層からなる入力光導波路10a<sub>1</sub>、10a<sub>2</sub>及び出力光導波路12a<sub>1</sub>、12a<sub>2</sub>が案内溝14に直結して形成されている。各コア層の幅及び厚さは、一例としていずれも4 [ $\mu\text{m}$ ]とすることができる。

【0029】光導波路10a<sub>1</sub>及び12a<sub>2</sub>は、可動ミラー16が第1の位置にあるときに光導波路10a<sub>1</sub>から入射した光が可動ミラー16で反射されて光導波路12a<sub>2</sub>に入射するように配置される。光導波路10a<sub>1</sub>及び10a<sub>2</sub>は、可動ミラー16が第2の位置にあることに光導波路10a<sub>1</sub>から入射した光が光導波路10a<sub>2</sub>に入射するように配置される。光導波路12a<sub>1</sub>及び12a<sub>2</sub>は、可動ミラー16が第2の位置にあるときに光導波路12a<sub>1</sub>から入射した光が光導波路12a<sub>2</sub>に入射するように配置される。案内溝14には、案内溝14の内部と光導波路10a<sub>1</sub>、10a<sub>2</sub>、12a<sub>1</sub>、1



2a<sub>2</sub>とで屈折率を整合するための屈折率整合オイルが装填されている。屈折率整合オイルとしては、パラフィン系又はナフタレン系のオイルを用いることができ、この種のオイルを用いることで屈折率を1.4から1.7程度まで調整することができる。光導波路と同じ屈折率(1.5程度)の屈折率整合オイルを用いることにより案内溝14に接する光導波路の端面における光損失の低減が可能である。

【0030】上記した光導波路配置によれば、可動ミラー16が第1の位置にあるときは、光導波路10a<sub>1</sub>から入射した光が可動ミラー16で反射されて光導波路12a<sub>2</sub>から導出される。また、可動ミラー16が第2の位置にあるときは、光導波路10a<sub>1</sub>から入射した光が案内溝14を介して光導波路10a<sub>2</sub>から導出される。このとき、光導波路12a<sub>1</sub>から光を入射すると、光導波路12a<sub>2</sub>から導出される。なお、可動ミラー16が第1の位置にあるときに、光導波路12a<sub>1</sub>から入射した光を可動ミラー16で反射させて光導波路10a<sub>2</sub>から導出するようにしてもよい。

【0031】上記した光スイッチS<sub>11</sub>によれば、可動ミラー16を案内溝14で案内すると共に案内溝14に光導波路を直結した簡略な構成であるため、小型化が容易であり、後述するように薄膜プロセス等を用いて容易に製造可能である。また、可動ミラー16の自己保持作用を利用可能であるため、消費電力を低減可能である。

【0032】図3、4は上記した光スイッチを用いた3×3マトリクス型光路切換装置を示すものである。フラットパッケージ型の筐体22の一端面には、入力用の光ファイバ10A~10Cが設けられると共に、該端面に隣接する側面には、出力用の光ファイバ12A~12Cが設けられている。

【0033】筐体22の内部には、図4に示すように光スイッチ基板24が配置されると共に前述した屈折率整合オイルが装填されている。光スイッチ基板24には、クラッド層が形成されており、クラッド層中には、いずれもコア層からなる光導波路10a~10c、12a~12cがマトリクス状に配置されている。入力用の光導波路10a~10cは、光ファイバ10A~10Cにそれぞれ接続され、出力用の光導波路12a~12cは、光ファイバ12A~12Cにそれぞれ接続されている。

【0034】光導波路10a~10cと光導波路12a~12cとの9つの交点には、図1、2で述べたと同様の構成を有する光スイッチS<sub>11</sub>~S<sub>33</sub>がそれぞれ設けられている。光スイッチS<sub>11</sub>を設けた交点では、図1、2に示したミラー案内溝14により光導波路10a又は12aがそれぞれ符号10a<sub>1</sub>、10a<sub>2</sub>又は12a<sub>1</sub>、12a<sub>2</sub>で示すように分断されている。このことは、他の交点についても同様である。

【0035】光スイッチS<sub>11</sub>において可動ミラーを第1の位置にセットすると、光導波路10aから入射した

光は、可動ミラーで反射されて光導波路12aに入射する。同様にして光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>において可動ミラーを第1の位置にセットすると、光導波路10b又は10cからの入射光は光導波路12aに入射する。また、光スイッチS<sub>11</sub>において可動ミラーを第2の位置にセットすると、光導波路10aからの入射光は、光スイッチS<sub>11</sub>を介して直進する。同様にして光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>において可動ミラーを第2の位置にセットすると、光導波路10b又は10cからの入射光は、それぞれ光スイッチS<sub>12</sub>又はS<sub>13</sub>を介して直進する。このような光路切換動作は、他の光スイッチS<sub>21</sub>~S<sub>33</sub>についても同様である。

【0036】次に、図5~36を参照して図1、2に示したような光スイッチの製法を説明する。図5~10は、図2のA-A'線に沿う断面を示すもので、光導波路の形成工程を示している。

【0037】図5の工程では、シリコン基板30の一主表面上にアンダークラッド層32及びコア材層34をPCVD(プラズマ・ケミカル・ベーパー・デポジション)法等により順次に形成する。クラッド層32及びコア材層34は、いずれもドーパントシリカからなるもので、例えばフッ素またはボロン等のドーパントのドーピング量に応じて屈折率が設定される。コア材層34の屈折率は、クラッド層32のそれより大きく設定される。コア材層34の厚さは、一例として4[μm]とすることができる。

【0038】図6の工程では、コア材層34の上面にマスク材層としてのCr(クロム)層36をスパッタ法等により形成する。マスク材層としては、WSi(タングステンシリサイド)層を使用してもよい。次に、図7の工程では、Cr層36の上面にレジスト層37を形成した後、ホトリソグラフィ処理により所望の光導波路パターンに対応して一部のレジスト層37aを残存させる。

【0039】次に、図8の工程では、レジスト層37aをマスクとするイオンミリング処理等によりCr層36を選択的に除去してレジスト層37aに対応するパターンで一部のCr層36aを残存させる。この後、レジスト層37aを除去する。

【0040】図9の工程では、Cr層36aをマスクとするRIE(反応性イオンエッチング)処理等によりコア材層34を選択的に除去してCr層36aに対応するパターンで一部のコア材層34aをコア層として残存させる。

【0041】図10の工程では、Cr層36aをウェットエッチング処理等により除去した後、クラッド層32の上面にコア層34aを覆ってオーバークラッド層38をPCVD法等により形成する。クラッド層38は、クラッド層32と同様の材料からなり、コア層34aより小さい屈折率を有する。クラッド層38の厚さは、一例として12[μm]とすることができる。

【0042】図5～10の工程によれば、コア層34aからなる光導波路10a<sub>1</sub>が得られる。同様にして他の光導波路10a<sub>2</sub>、12a<sub>1</sub>、12a<sub>2</sub>も得られる。この段階では、ミラー案内溝(図1、2の14に相当)が存在しないので、光導波路10a<sub>1</sub>及び10a<sub>2</sub>が接続された状態にあると共に、光導波路12a<sub>1</sub>及び12a<sub>2</sub>が接続された状態にある。

【0043】図11～28は、図1、2に示したような可動ミラー(14に対応)及び電磁コイル(20に対応)を形成する工程を示すもので、各図において左側が図2のB-B'線断面に、右側が図2のD-D'線断面にそれぞれ対応する。

【0044】図11の工程では、クラッド層38の上面にスパッタ法等によりCr層40を形成した後、Cr層40の上面にレジスト層42を形成する。そして、ホトリソグラフィ処理によりレジスト層42にミラー案内溝対応の孔42a及びコイル配置孔対応の孔42bを形成する。このとき、孔42aの下でクラッド層38中には先に形成したコア層が存在するが、簡単のため、図示を省略した。

【0045】次に、図12の工程では、レジスト層42をマスクとするイオンミリング処理等によりクラッド層38にミラー案内溝38a及びコイル配置溝38bを形成する。これらの溝38a、38bは、クラッド層32に若干食い込んでもよい。案内溝38aは、図1、2に示したように光導波路10a<sub>1</sub>と10a<sub>2</sub>を分断すると共に光導波路12a<sub>1</sub>と12a<sub>2</sub>とを分断するように形成される。

【0046】図13の工程では、リフトオフ法により溝38a内に犠牲層としてのCu層44を形成する。すなわち、クラッド層38の上面にレジスト層を形成した後、このレジスト層にホトリソグラフィ処理により溝38aに対応する孔を形成する。そして、スパッタ法等によりCu層をレジスト層の上面及び溝38aの内面(底面及び内壁面)に被着した後、レジスト層と共にその上のCu層をリフトオフすることにより溝38aの内面にCu層44を残存させる。図29には、このときのCu層44の形成状況を上面図で示す。

【0047】図14の工程では、クラッド層38の上面にスパッタ法等によりメッキ用のシード層としてCu層48を形成する。このとき、Cu層44の露呈部及び溝38aの内面もCu層48で覆われる。

【0048】図15の工程では、クラッド層38の上面にレジスト層50を形成する。そして、レジスト層50には、メッキすべき複数の部分に対応する複数の孔をホトリソグラフィ処理により形成する。このときに形成される孔としては、図30及び図32(A)に示すように溝38aの右半分を露呈する孔50a、図15及び図33に示すように溝38b内でコイル用メッキ層を形成すべき部分に対応する孔50p、50q、50r等があ

る。図32(A)、(B)は、図2及び図30のC-C'線断面に対応する。溝38aの左半分は、図15及び図30に示すようにレジスト層50で覆われる。

【0049】次に、図16の工程では、レジスト層50をマスクとしてCuメッキ処理を行なう。そして、レジスト層50を除去した後、イオンミリング処理等によりシード層としてのCu層をメッキ部分以外の部分で除去する。この結果、溝38aの右半分は、図31及び32(B)に示すようにシード層としてのCu層48aとメッキされたCu層52aとの積層で埋められる。この積層は、犠牲層として用いられる。図31は、図30のE-E'線に沿う断面に対応する。

【0050】溝38bにおいては、図16及び図34に示すようにシード層としてのCu層48pとコイル用メッキ層としてのCu層52pとの積層が形成される。Cu層48p、52pの積層は、コイル用導電層として用いられる。Cu層52pは、レジスト層50の孔50pに対応したものであり、Cu層52p以外にもレジスト層50の孔50q、50r等に対応した多数のコイル用メッキ層が形成されると共にこれらのメッキ層の下にはそれぞれCu層48pと同様のCu層が残存する。各コイル用メッキ層とその下の残存Cu層とがコイル用導電層を構成する。

【0051】次に、図17の工程では、図13で述べたようなリフトオフ法により溝38bの内部を覆ってアルミナ(酸化アルミニウム)層54を形成する。アルミナ層54は、コイル用導電層と磁心との間を電氣的に絶縁するための絶縁層として用いられる。アルミナ層54の代りに、レジスト層を形成、パターニングしてベークしたものを用いてもよい。

【0052】図18の工程では、基板上面に溝38a、38bの内部を覆ってメッキ用のシード層としてNi-Fe合金層56をスパッタ法等により形成する。そして、Ni-Fe合金層56を覆ってレジスト層58を形成した後、ホトリソグラフィ処理により所望の磁心パターンに対応する孔58bを溝38b内でレジスト層58に形成する。

【0053】図19の工程では、レジスト層58をマスクとするメッキ処理により磁心用のNi-Fe合金層60を形成する。そして、レジスト層58を除去した後、イオンミリング処理等によりシード層としてのNi-Fe合金層56をメッキ部以外の部分で除去し、一部のNi-Fe合金層56bを残存させる。Ni-Fe合金層56b、60の積層が磁心として用いられる。

【0054】図20の工程では、溝38b内でレジスト層58を除去した空隙部にリフトオフ法等によりアルミナ層62を形成する。アルミナ層62は、アルミナ層60と同様に絶縁層として用いられるもので、以下では、簡単のため、アルミナ層60、62をアルミナ層64とする。アルミナ層62の代りに、レジスト層を形成、パ



ターニングしてベークしたものを用いてもよい。

【0055】なお、図18の工程で孔58bを溝38bとはほぼ等しい幅で形成してもよい。このようにすると、溝38b内に空隙部が生じないから、アルミナ層62の形成を省略することができる。

【0056】次に、図21の工程では、基板上面に溝38aの内部を覆ってメッキ用のシード層としてCo-Ni合金層66をスパッタ法等により形成する。そして、溝38aを覆ってCo-Ni合金層66の上にレジスト層68を形成した後、ホトリソグラフィ処理により溝38aの左半分(図31の38a参照)を露呈する孔68aをレジスト層68に形成する。

【0057】図22の工程では、レジスト層68をマスクとするメッキ処理により可動ミラー用のCo-Ni合金層70を形成する。そして、レジスト層68を除去した後、イオンミリング処理等によりシード層としてのCo-Ni合金層66をメッキ部以外の部分で除去し、一部のCo-Ni合金層66aを残存させる。Co-Ni合金層66a、70により可動ミラー(図1、2の14に相当)が構成される。

【0058】図23の工程では、基板上面に溝38bを覆ってアルミナ層72を形成する。アルミナ層72は、コイル用導電層48p、52pの一端及び他端をそれぞれ露呈する第1及び第2の孔72p及び72qを有する。第1及び第2の孔72p及び72qは、図34において、コイル用導電層48p、52pの第1及び第2の接触部53p及び53qにそれぞれ対応する。

【0059】図24の工程では、基板上面に溝38aを覆って図36に示すようなパターンで犠牲層としてのCu層74をリフトオフ法により形成する。

【0060】図25の工程では、基板上面にスパッタ法等によりメッキ用のシード層としてCu層76を形成する。そして、Cu層76を覆ってレジスト層78を形成した後、ホトリソグラフィ処理によりメッキすべき複数の部分に対応する複数の孔をレジスト層78に形成する。このときに形成される孔としては、図25及び図35に示すように溝38bの上方でコイル用メッキ層を形成すべき部分に対応する孔78p、78q、78r等がある。ここで、孔78p、78q、78rは、図33に示したレジスト層50の孔50p、50q、50rと図35に示したような対応関係にある。図25の右側の断面図は、図2、35のD-D'断面に対応している。

【0061】図26の工程では、レジスト層78をマスクとするメッキ処理により孔78p、78q等に対応するパターンでCu層80p、80q等を形成する。そして、レジスト層78を除去した後、イオンミリング処理等によりシード層としてのCu層76をメッキ部以外の部分で除去し、Cu層80p、80q等のコイル用メッキ層の下にのみCu層76の対応部分を残存させる。この結果、例えばCu層80pとその下のCu層76の残

存部分とで構成されるコイル用導電層が図34のコイル用導電層48p、52pの接触部53pに接続されると共に、Cu層80qとその下のCu層76の残存部分とで構成されるコイル用導電層が図34のコイル用導電層48p、52pの接触部53qに接続される。このようにして、図16の工程で形成した下側のコイル用導電層を図26の工程で形成した上側のコイル用導電層で接続することにより磁心用Ni-Fe合金層60にスパイラル状に導電層を巻回した電磁コイル(図1、2の20に相当)が形成される。

【0062】次に、図27の工程では、基板上面に図36に示すようなパターンで溝38aを覆って蓋部材としてのアルミナ層82aをリフトオフ法等により形成する。また、このときの処理を流用して、溝38bに形成した電磁コイルを完全に覆ってアルミナ層82bを形成する。図27の左側の断面図は、図36のB-B'線に沿う断面に対応している。

【0063】アルミナ層82aは、図36に示すように溝38aの4つの角部R<sub>1</sub>~R<sub>4</sub>に対応して4つの角部を欠如したような長方形状に形成される。この結果、溝38aの4つの角部R<sub>1</sub>~R<sub>4</sub>に対応してCu層74の4つの角部が露呈される。これは、次のエッチング処理においてエッチャントの流通を可能にするためである。

【0064】図28の工程では、Cuを溶解するエッチャントを用いるウェットエッチング処理により犠牲層としてのCu層44、74、52a及び48a(図31及び図32(B)参照)をすべて除去する。この結果、可動ミラー66a、70は、溝38a内で図1、2の矢印aで示したように移動可能となる。このときのエッチング処理において、アルミナ層82aは、溝38aの大部分を覆っており、可動ミラー66a、70が溝38aから離脱するのを防止する。また、アルミナ層82bは、溝38bに設けた電磁コイルをエッチャントから保護する。

【0065】図37は、この発明の他の実施形態に係る光スイッチを示すもので、図1、2と同様の部分には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0066】図37の光スイッチの特徴は、可動ミラー16の移動を案内する案内手段として、回動自在の支持アーム90を設けたことである。すなわち、光スイッチ基板の一主表面には、可動ミラー16を支持する支持アーム90を電磁コイル18及び20の間で回動自在に保持する軸部材92が設けられている。支持アーム90の一端部を可動ミラー16の上部に連結すると共に支持アーム90の他端近傍に設けた軸孔に軸部材92の先端部を挿入して支持アーム90を保持することにより可動ミラー16の移動が電磁コイル18及び20の間で矢印a方向に案内されるようになっている。可動ミラー16を第1の位置から第2の位置へ移動させたり、第2の位置から第1の位置へ移動させたりする動作は、図1、2で

前述したのと同様である。

【0067】図38は、この発明の更に他の実施形態に係る光スイッチを示すもので、図1、2と同様の部分には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0068】図38の光スイッチの特徴は、可動ミラー16の移動を案内する案内手段として、撓み可能な支持アーム94を設けたことである。すなわち、光スイッチ基板の一主表面には、可動ミラー16bを支持する可撓性の支持アーム94を電磁コイル18及び20の間で撓み可能に固定する固定台96が設けられている。支持アーム94の一端部を可動ミラー16の上部に連結するとともに支持アーム94の他端部を固定台96に連結することにより可動ミラー16の移動が電磁コイル18及び20の間で矢印a方向に案内されるようになっている。支持アーム94の撓みに要する力を電磁コイル18、20のいずれの反発力より小さくしておくこと、可動ミラー16を第1の位置から第2の位置へ移動させたり、第2の位置から第1の位置へ移動させたりする動作を図1、2で述べたと同様にして行なうことができる。

【0069】図37又は図38に示した光スイッチによると、可動ミラー16を回動可能な支持アーム90又は撓み可能な支持アーム94で案内する簡略な構成であるため、小型化が容易であり、薄膜プロセス等を用いて容易に製造可能である。また、可動ミラー16の自己保持作用を利用可能であるため、消費電力の低減が可能である。

【0070】図37又は図38に示した光スイッチは、光入射手段及び光導出手段として $10a_1$ 、 $10a_2$ 、 $12a_1$ 、 $12a_2$ 等の光導波路の代りに光ファイバ等を用いて大気空間中で使用可能なものであり、例えば図51、52に示したような光路切換装置に応用可能である。

【0071】図39は、この発明の実施に使用される多重巻き電磁コイル100の概略構成を示すものである。電磁コイル100は、例えばNi-Fe合金等の磁性材からなる細長い磁心102にその長手方向に沿ってCu等の導電層を2重に巻回した構成を有する。導電層は、内側で巻回される第1の導電層104と、外側で巻回される第2の導電層106とを点CPで接続したもので、端子 $T_1$ 、 $T_2$ から通電するようになっている。図39には示していないが、磁心102と第1の導電層104との間及び第1の導電層104と第2の導電層との間にはそれぞれ絶縁層が配置される。

【0072】上記した電磁コイル100によれば、2重巻き構成にしたので、長さ $L_c$ を図1、2に示した1重巻き電磁コイル（例えば18）に比べて半分にすることができる。電磁コイル100は、図1、2、4、37、38に示した光スイッチにおいて1重巻き電磁コイルの代りに使用することができる。このようにすると、光スイッチのサイズ縮小が可能となり、複数の光スイッチを

集積化する際に有利となる。

【0073】一例として、図4の光路切換装置において、光スイッチ $S_{11}$ ～ $S_{33}$ のうちの各光スイッチの電磁コイルとして電磁コイル100を用いると、光スイッチ $S_{22}$ 、 $S_{31}$ について示すように隣り合う光スイッチ間の距離 $L_s$ を大きく設定することができ、隣り合う光スイッチ間の磁氣的干渉を低減することができる。図4に示したような光路切換装置では、光スイッチ間の磁氣的干渉を低減するため磁気シールドを設けることができるが、電磁コイル100を用いた場合には、磁気シールドを軽装化したり、省略したりすることができる。なお、図39に示した電磁コイルは、3重以上に多重化することも可能である。

【0074】次に、図40～50を参照して上記のような2重巻き電磁コイルの製法を説明する。この場合、図11、12に示したような溝形成工程では、2重巻き電磁コイルを配置するための凹部をクラッド層38に形成するものとし、図40～50では、該凹部内の平坦面における各種処理について説明する。また、特に言及しないが、可動ミラーの形成と2重巻き電磁コイルの形成とで共通化できる処理があれば共通化してよいこと勿論である。

【0075】図40の工程では、シリコン基板30の一主表面を覆うクラッド層32の上面（前述した凹部の底面）に、スパッタ法等によりメッキ用のシード層としてCr-Cu合金層110を形成する。

【0076】図41の工程では、Cr-Cu合金層110を覆ってレジスト層112を形成した後、ホトリソグラフィ処理によりレジスト層112にメッキすべき複数の部分に対応した複数の孔を形成する。そして、レジスト層112をマスクとするメッキ処理によりレジスト層112の各孔毎にCu層114を形成する。

【0077】図42の工程では、レジスト層112を除去した後、イオンミリング処理等によりシード層としてのCr-Cu合金層110をメッキ部以外の部分で除去し、各Cu層114の下にのみCr-Cu合金層110を残存させる。各Cu層114とその下のCr-Cu合金層110との積層は、外側コイル（図39の106に相当）の下部導電層として用いられる。この後、クラッド層32の上面に各Cu層114を覆ってアルミナ等の絶縁層116をリフトオフ法等により形成する。絶縁層116は、各Cu層114毎にその両端近傍の接触部に対応する接続孔 $CN_1$ 、 $CN_2$ を有するように形成する。

【0078】次に、図43の工程では、図40、41で述べたと同様の選択メッキ処理により絶縁層116の上にCu層118を形成する。Cu層118は、複数のものが並列的に形成されるが、図43では、そのうちの1つを示した。各Cu層118は、内側コイル（図39の104に相当）の下部導電層として用いられる。

【0079】図44の工程では、絶縁層116の上に各Cu層118を覆ってアルミナ等の絶縁層120をリフトオフ法等により形成する。絶縁層120は、各Cu層118ごとにその両端近傍の接触部に対応する接続孔CN<sub>3</sub>、CN<sub>4</sub>を有するように形成する。

【0080】図45の工程では、レジスト層をマスクとする選択メッキ処理により磁心用のNi-Fe合金層122を絶縁層120の上に形成する。Ni-Fe合金層122は、各Cu層114及び各Cu層116の上方を横切るように(図45では紙面を貫通する方向に沿って)所定の長さで形成される。選択メッキ処理において、メッキ用シード層としては、Ni-Fe合金層を用いることができる。

【0081】図46の工程では、図40、41で述べたと同様の選択メッキ処理により各Cu層114毎にCu層124、126を形成すると共に各Cu層118ごとにCu層128、130を形成する。各Cu層114において、Cu層124、126は、図42の接続孔CN<sub>1</sub>、CN<sub>2</sub>に対応する2つの接触部にそれぞれ接続されるように形成される。また、各Cu層118において、Cu層128、130は、図44の接続孔CN<sub>3</sub>、CN<sub>4</sub>に対応する2つの接触部にそれぞれ接続されるように形成される。Cu層124、126は、外側コイルの側部導電層として用いられる。また、Cu層128、130は、内側コイルの側部導電層として用いられる。

【0082】次に、図47の工程では、基板上面にレジスト層132を形成した後、ホトリソグラフィ処理により電磁コイル配置部にレジスト層132を残すようにしてそれ以外のレジスト層を除去する。そして、バーク処理によりレジスト層132を硬化させた後、レジスト層132に研磨処理を施してCu層124～130の上部を露呈させる。

【0083】図48の工程では、図40、41で述べたと同様の選択メッキ処理によりレジスト層132の上にCu層134を形成する。Cu層134は、内側コイルの上部導電層として用いられるものであり、例えばCu層118、128、130からなる導電層においてCu層128の上端部に接続される。Cu層118、128、130からなる導電層においてCu層130の上端部には、Cu層134の隣の同様のCu層が接続される(図48では、Cu層134がCu層130の上端部に接続されているかのように見えるが、Cu層134の断面は、Cu層130の断面とは位置を異にする)。このようにして、レジスト層132中の内側コイル用導電層をCu層134等の上部導電層で接続することにより磁心用Ni-Fe合金層122にスパイラル状に内側コイル用導電層を巻回することができる。

【0084】次に、図49の工程では、レジスト層132の上に各Cu層134を覆ってアルミナ等の絶縁層136をリフトオフ法等により形成する。絶縁層136

は、各Cu層124及び各Cu層126の上端部を露呈する孔を有するように形成する。

【0085】図50の工程では、図40、41で述べたと同様の選択メッキ処理により絶縁層136の上にCu層138を形成する。Cu層138は、外側コイルの上部導電層として用いられるものであり、例えばCu層114、124、126からなる導電層においてCu層124の上端部に接続される。Cu層114、124、126からなる導電層においてCu層126の上端部には、Cu層138の隣の同様のCu層が接続される

(図50では、Cu層138がCu層126の上端部に接続されているかのように見えるが、Cu層138の断面は、Cu層126の断面とは位置を異にする)。このようにして、レジスト層132中の外側コイル用導電層をCu層138等の上部導電層で接続することにより磁心用Ni-Fe合金122にスパイラル状に外側コイル用導電層を巻回することができる。

【0086】なお、図40～50で述べたコイルの製法は、図1、2に示した1層巻きコイルの製造に応用することができる。また、図11～28で述べたコイルの製法は、図39に示した多重巻きコイルの製造に応用することができる。

【0087】この発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、種々の改変形態で実施可能なものである。例えば、可動子位置切換装置は、光路切換装置への応用に限らず、電気スイッチ、表示装置等への応用が考えられる。

【0088】電気スイッチ及び表示装置についてそれぞれ一例を示すと、次のようになる。電気スイッチを構成するには、可動子が第1の位置にあるときに2本の導線の端部同士を可動子で短絡し、可動子が第2の位置にあるときにかような短絡を解除する構成にすればよい。また、表示装置を構成するには、多数の光導波路(又は光ファイバ)の先端を表示パネル面にドットマトリクス状に配置し、各光導波路(又は光ファイバ)毎に可動子を第1又は第2の位置に駆動して光をオン/オフ制御する構成にすればよい。

【0089】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、小型で製造容易な可動子位置切換装置及び光スイッチを実現できると共に、微小な可動子収容構造を簡単に製造できる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施形態に係る光スイッチを示す斜視図である。

【図2】 図1の光スイッチを示す上面図である。

【図3】 図1の光スイッチを用いたマトリクス型光路切換装置の外観構成を示す斜視図である。

【図4】 図3の装置の内部構成を示す斜視図である。

【図5】 光スイッチの製法におけるアンダークラッド

層及びコア材層堆積工程を示す基板断面図である。

【図 6】 図 5 の工程に続く Cr スパッタ工程を示す基板断面図である。

【図 7】 図 6 の工程に続くレジスト層形成工程を示す基板断面図である。

【図 8】 図 7 の工程に続くイオンミリング工程及びレジスト除去工程を示す基板断面図である。

【図 9】 図 8 の工程に続く R I E 工程を示す基板断面図である。

【図 10】 図 9 の工程に続くオーバークラッド層堆積工程を示す基板断面図である。

【図 11】 図 10 の工程に続く Cr スパッタ工程及びレジスト層形成工程を示す基板断面図である。

【図 12】 図 11 の工程に続くイオンミリング工程及び R I E 工程を示す基板断面図である。

【図 13】 図 12 の工程に続く Cu 層形成工程を示す基板断面図である。

【図 14】 図 13 の工程に続く Cu スパッタ工程を示す基板断面図である。

【図 15】 図 14 の工程に続くレジスト層形成工程を示す基板断面図である。

【図 16】 図 15 の工程に続く Cu メッキ工程、レジスト除去工程及びイオンミリング工程を示す基板断面図である。

【図 17】 図 16 の工程に続くアルミナ層形成工程を示す基板断面図である。

【図 18】 図 17 の工程に続く Ni - Fe 合金スパッタ工程及びレジスト層形成工程を示す基板断面図である。

【図 19】 図 18 の工程に続く Ni - Fe 合金メッキ工程、レジスト除去工程及びイオンミリング工程を示す基板断面図である。

【図 20】 図 19 の工程に続くアルミナ層形成工程を示す基板断面図である。

【図 21】 図 20 の工程に続く Co - Ni 合金スパッタ工程及びレジスト層形成工程を示す基板断面図である。

【図 22】 図 21 の工程に続く Co - Ni 合金メッキ工程、レジスト除去工程及びイオンミリング工程を示す基板断面図である。

【図 23】 図 22 の工程に続くアルミナ層形成工程を示す基板断面図である。

【図 24】 図 23 の工程に続く Cu 層形成工程を示す基板断面図である。

【図 25】 図 24 の工程に続く Cu スパッタ工程及びレジスト層形成工程を示す基板断面図である。

【図 26】 図 25 の工程に続く Cu メッキ工程、レジスト除去工程及びイオンミリング工程を示す基板断面図である。

【図 27】 図 26 の工程に続くアルミナ層形成工程を

示す基板断面図である。

【図 28】 図 27 の工程に続く Cu エッチング工程を示す基板断面図である。

【図 29】 図 13 の工程における Cu 層形成状況を示す上面図である。

【図 30】 図 15 の工程におけるミラー案内溝に関するレジスト層形成状況を示す上面図である。

【図 31】 図 16 の工程におけるミラー案内溝内の Cu 層形成状況を示す基板断面図である。

【図 32】 ミラー案内溝に関するレジスト層形成状況及びミラー案内溝内の Cu 層形成状況を示す基板断面図である。

【図 33】 図 15 の工程におけるコイル配置溝に関するレジスト層形成状況を示す上面図である。

【図 34】 図 16 の工程におけるコイル用 Cu 層の形成状況を示す一部断面斜視図である。

【図 35】 図 25 の工程におけるコイル配置溝に関するレジスト層形成状況を示す上面図である。

【図 36】 図 27 の工程におけるミラー案内溝に関するアルミナ層形成状況を示す上面図である。

【図 37】 この発明の他の実施形態に係る光スイッチを示す斜視図である。

【図 38】 この発明の更に他の実施形態に係る光スイッチを示す斜視図である。

【図 39】 この発明の実施に用いられる多重巻き電磁コイルを示す斜視図である。

【図 40】 図 39 の電磁コイルの製法における Cr - Cu 合金スパッタ工程を示す基板断面図である。

【図 41】 図 40 の工程に続く Cu メッキ工程を示す基板断面図である。

【図 42】 図 41 の工程に続くレジスト除去工程及び絶縁層形成工程を示す基板断面図である。

【図 43】 図 42 の工程に続く Cu 層形成工程を示す基板断面図である。

【図 44】 図 43 の工程に続く絶縁層形成工程を示す基板断面図である。

【図 45】 図 44 の工程に続く Ni - Fe 合金層形成工程を示す基板断面図である。

【図 46】 図 45 の工程に続く Cu 層形成工程を示す基板断面図である。

【図 47】 図 46 の工程に続くレジスト層形成工程及び研磨工程を示す基板断面図である。

【図 48】 図 47 の工程に続く Cu 層形成工程を示す基板断面図である。

【図 49】 図 48 の工程に続く絶縁層形成工程を示す基板断面図である。

【図 50】 図 49 の工程に続く Cu 層形成工程を示す基板断面図である。

【図 51】 従来の光スイッチを用いた光路切換装置を示す上面図である。

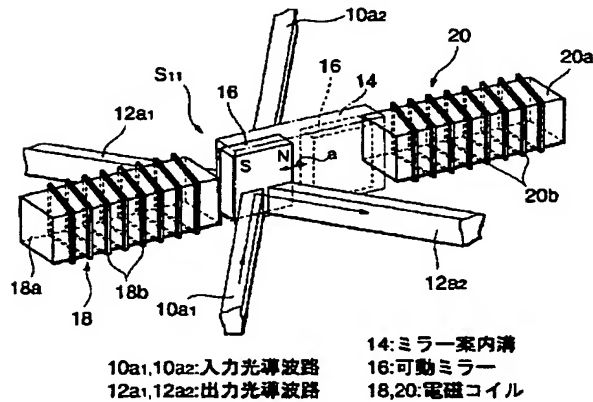
【図52】 図51のX-X'線に沿う断面図である。

【符号の説明】

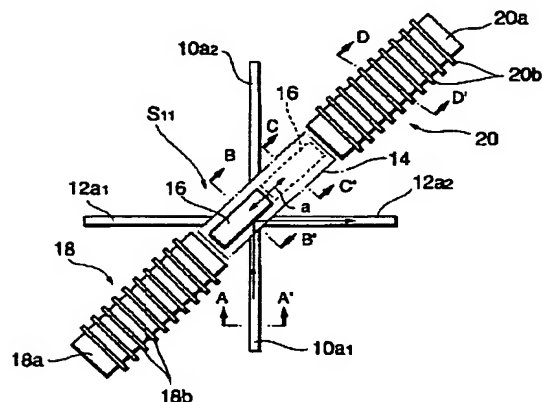
10a<sub>1</sub>, 10a<sub>2</sub>: 入力光導波路、12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>: 出力光導波路、10a~10c, 12a~12c: 光導波路、10A~10C, 12A~12C: 光ファイバ、14: ミラー案内溝、16: 可動ミラー、18, 20: 電磁コイル、22: 筐体、24: 光スイッチ基板、S<sub>11</sub>~S<sub>33</sub>: 光スイッチ、30: シリコン基板、32: アンダークラッド層、34: コア材層、36, 40: Cr層、34a: コア層、37, 37a, 42, 50, 58, 68, 78: レジスト層、38: オーバクラ

ッド層、38a: ミラー案内溝、38b: コイル配置溝、44, 48, 52, 74, 76, 80p, 80q: Cu層、54, 62, 64, 72, 82a, 82b: アルミナ層、56, 60: Ni-Fe合金層、66, 70: Co-Ni合金層、90: 支持アーム、92: 軸部材、94: 可撓性支持アーム、96: 固定台、100: 多重巻き電磁コイル、102: 磁心、104, 106: 導電層、110: Cr-Cu合金層、112, 132: レジスト層、114, 118, 124~130, 134, 138: Cu層、116, 120, 136: 絶縁層、122: Ni-Fe合金層。

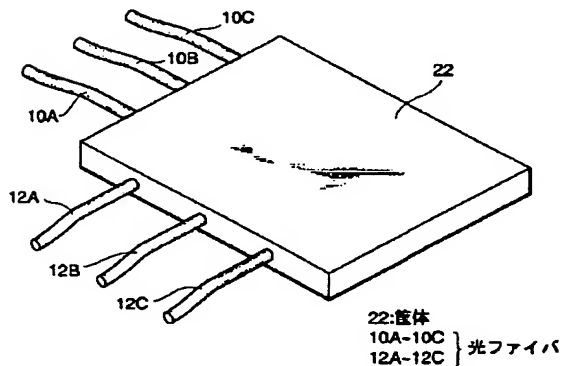
【図1】



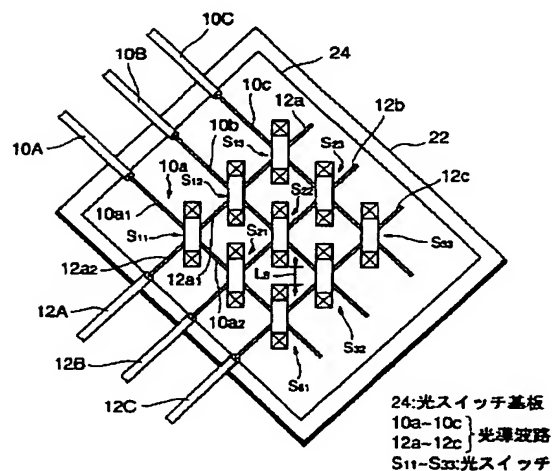
【図2】



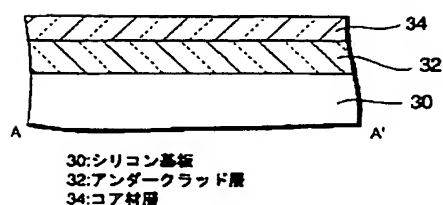
【図3】



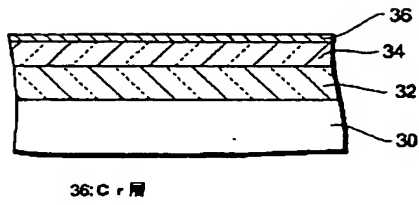
【図4】



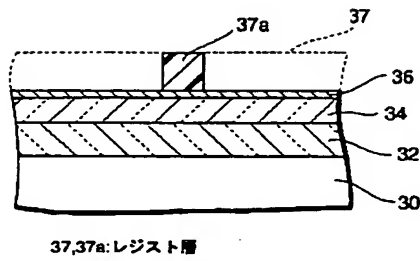
【図5】



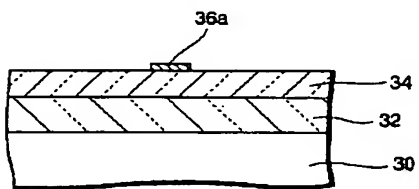
【図6】



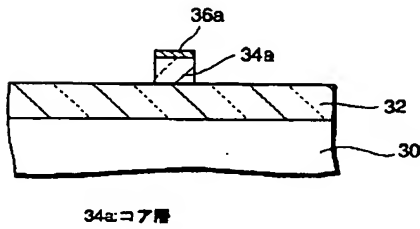
【図7】



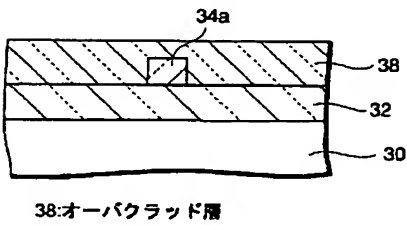
【図8】



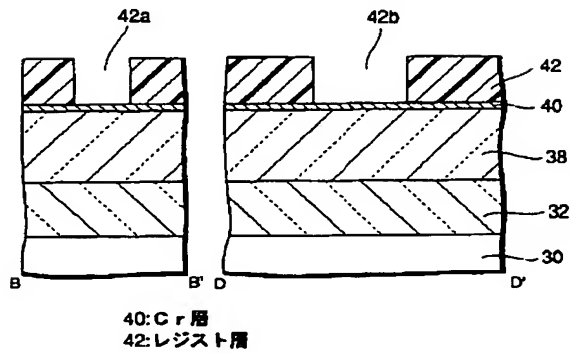
【図9】



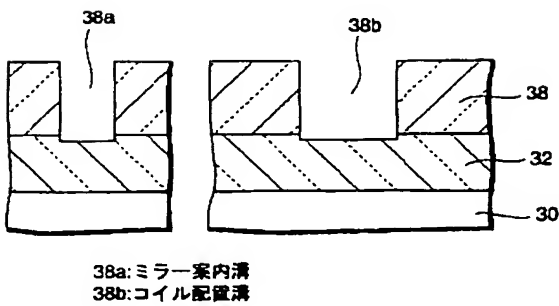
【図10】



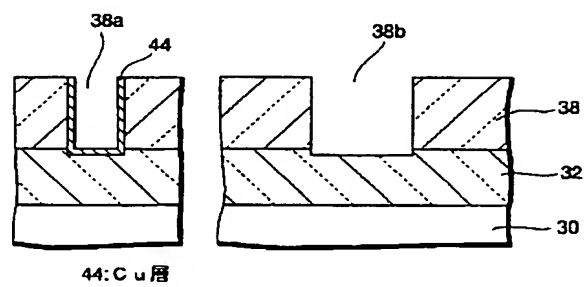
【図11】



【図12】

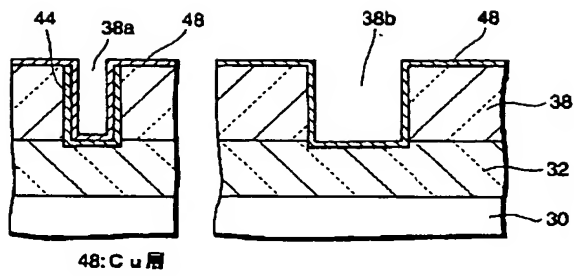


【図13】

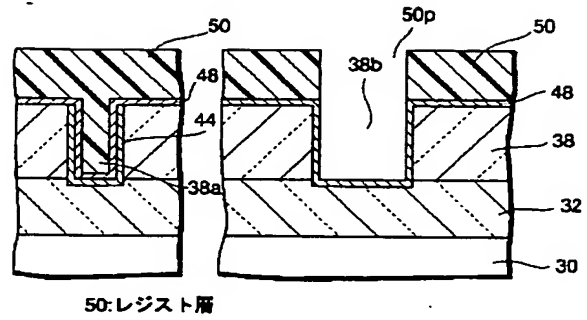




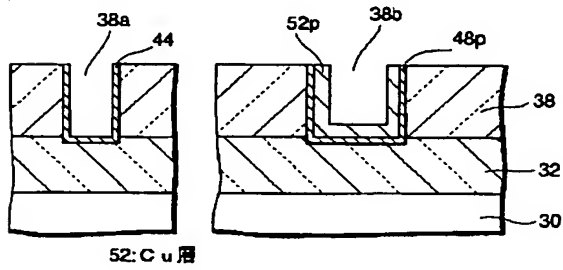
【図14】



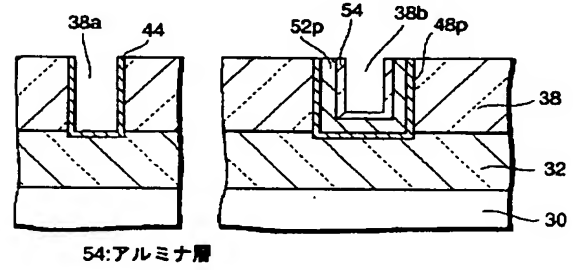
【図15】



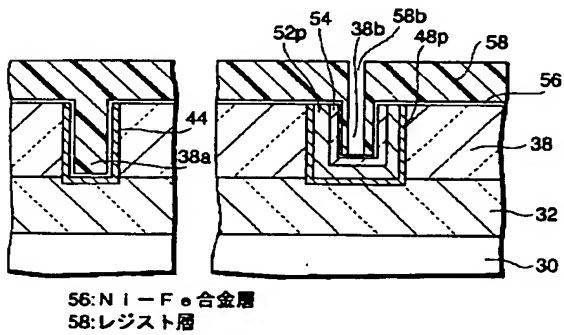
【図16】



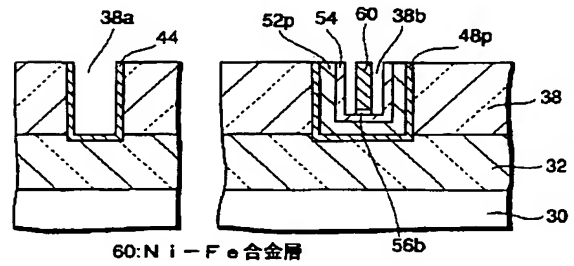
【図17】



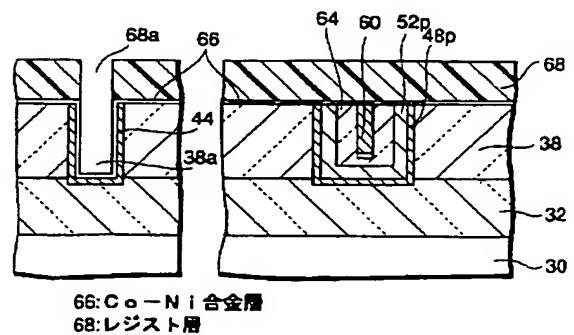
【図18】



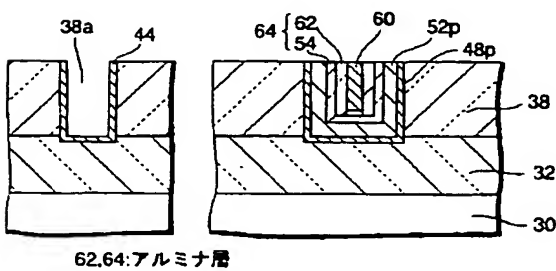
【図19】



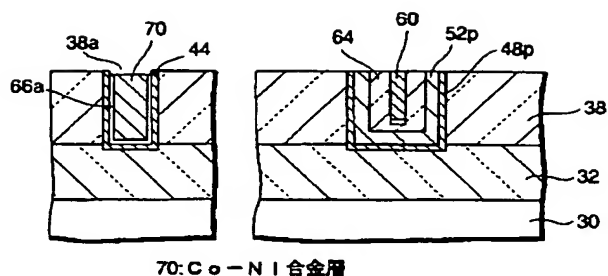
【図21】



【図20】

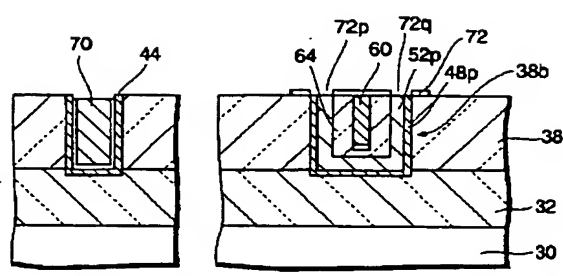


【図22】



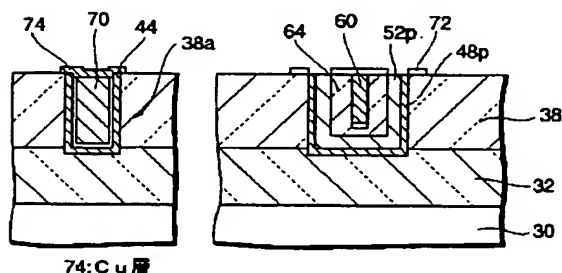
70: Co-Ni 合金層

【図23】



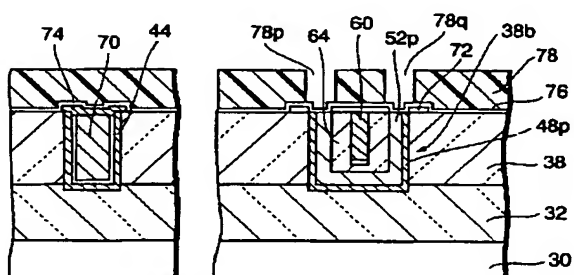
72: アルミナ層

【図24】



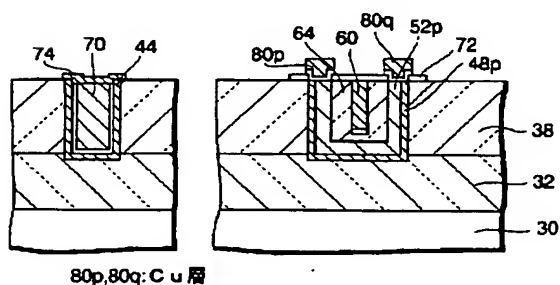
74: Cu 層

【図25】



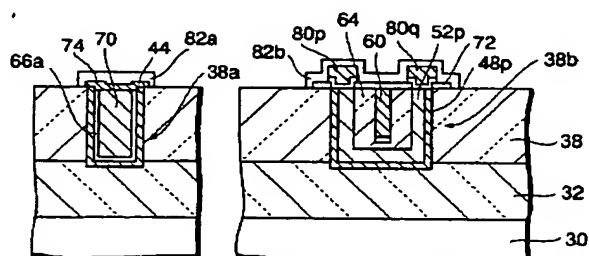
78: Cu 層  
78: レジスト層

【図26】



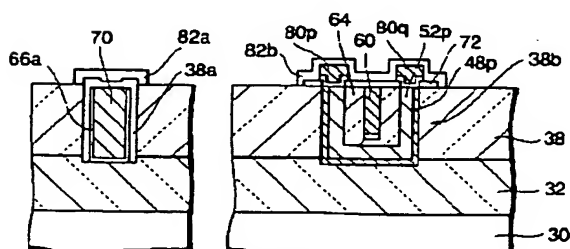
80p, 80q: Cu 層

【図27】

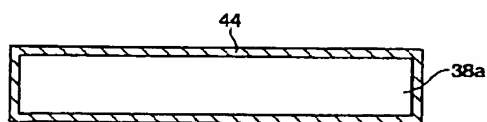


82a, 82b: アルミナ層

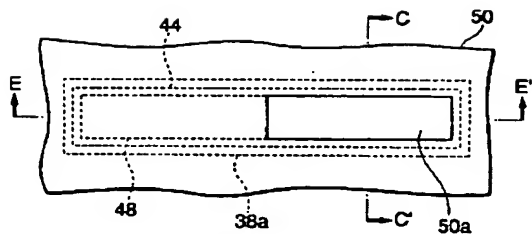
【図28】



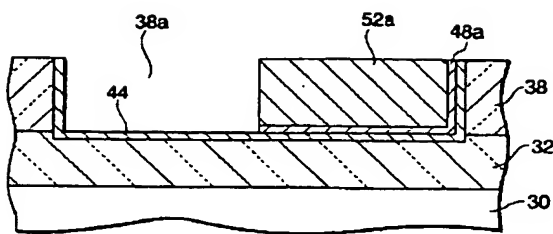
【図29】



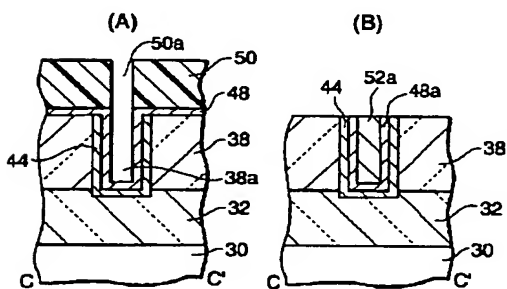
【図30】



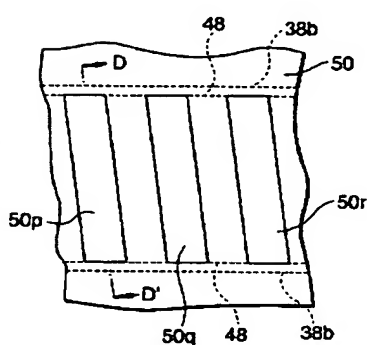
【図31】



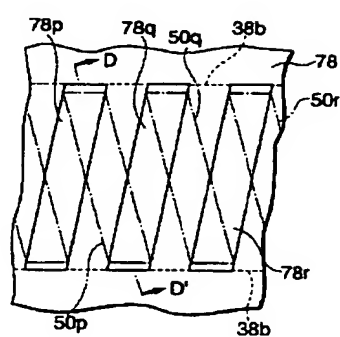
【図32】



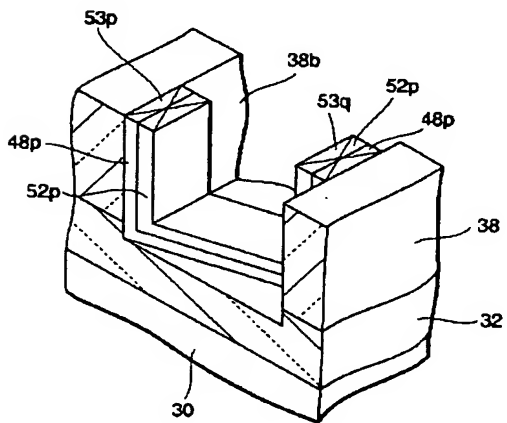
【図33】



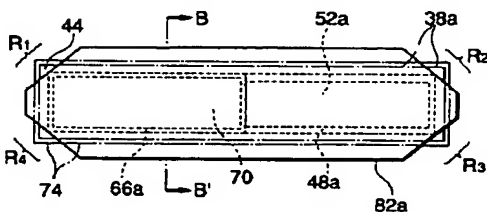
【図35】



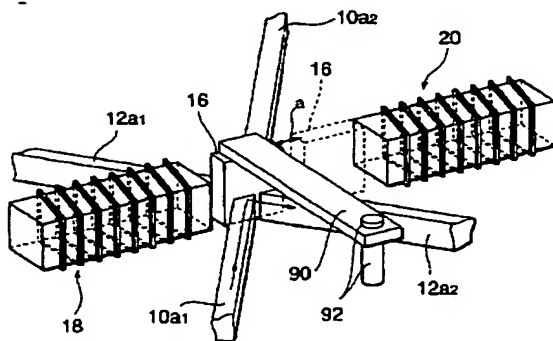
【図34】



【図36】

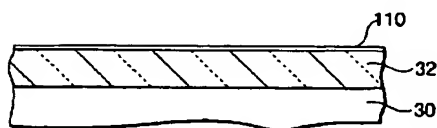


【図37】



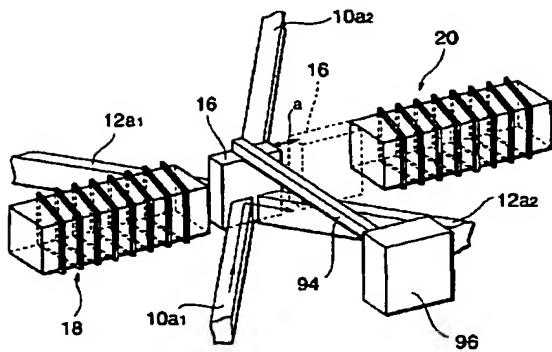
90: 支持アーム  
92: 軸部材

【図40】



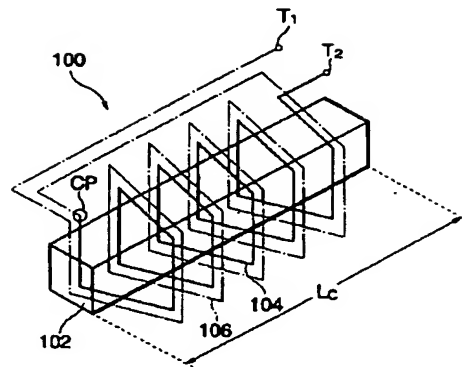
110: Cr-Cu合金層

【図38】



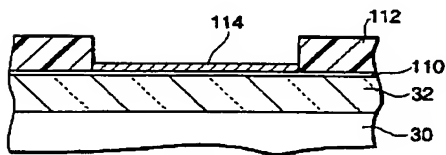
94:可撓性支持アーム  
96:固定台

【図39】



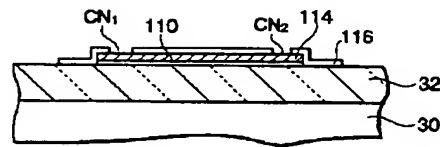
100:多重巻き電磁コイル  
102:磁心  
104,106:導電層

【図41】



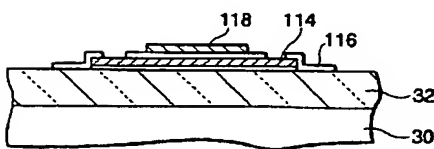
112:レジスト層  
114:Cu層

【図42】



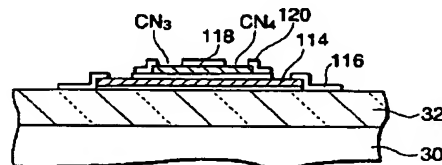
116:絶縁層

【図43】



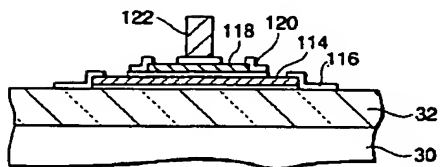
118:Cu層

【図44】



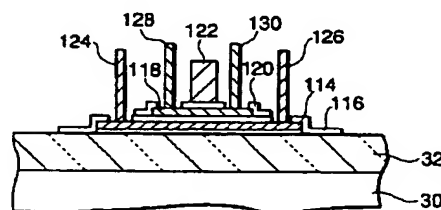
120:絶縁層

【図45】



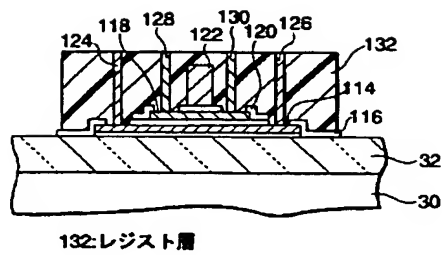
122:Ni-Fe合金層

【図46】

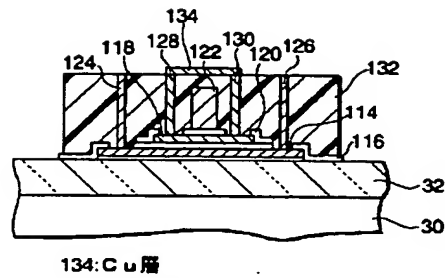


124~130:Cu層

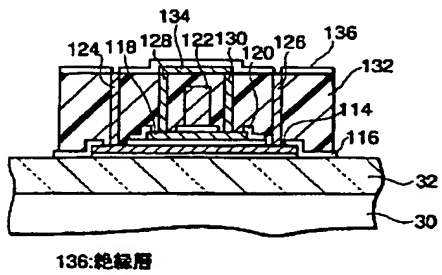
【図47】



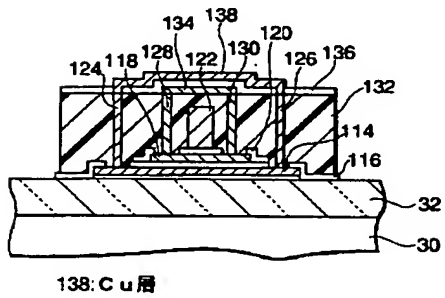
【図48】



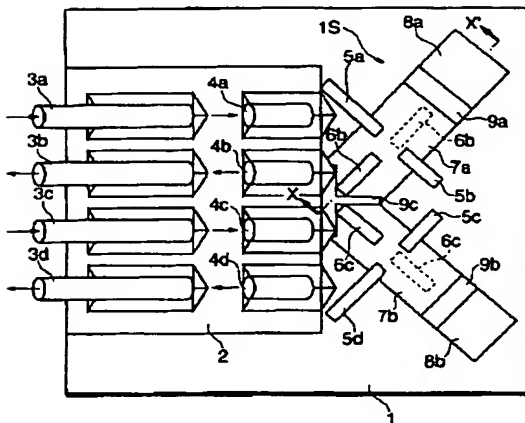
【図49】



【図50】



【図51】



【図52】

